

Спроектированная система управления мобильной модульной котельной характеризуется высокими показателями надежности. Эффект от ее внедрения будет заключаться в снижении затрат по эксплуатации, уменьшении количества обслуживающего персонала.

Литература

1. ООО «ЭНЕРГИЯ и КО» URL: <http://www.kip-energ.ru/blochno-modulnaja-kotel'naja>
2. Каталог продукции ОВЕН URL: <http://www.owen.ru/catalog>
3. Волошенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 108 с.

ОБЗОР СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

М.А. Мясина, Н.М. Космынина

Научный руководитель – доцент Н. М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Система возбуждения предназначена для питания обмотки возбуждения турбогенератора (ТГ) постоянным током и его регулирования в нормальных и аварийных режимах [9].

Системы возбуждения по автономности их режима работы делятся на следующие виды:

- системы независимого возбуждения, работа которых не зависит от напряжения генератора или сети;
- системы самовозбуждения, режим работы которых зависит от напряжения генератора или сети.

К первому виду относятся все электромашинные возбудители постоянного и переменного тока, соединенные с валом возбуждаемой синхронной машины. Ко второму виду относятся системы возбуждения, получающие питание от выводов генератора через специальные трансформаторы [2].

К системам независимого возбуждения относятся (рис. 1) [2]:

электромашинные системы, в которых в качестве возбудителя используется генератор постоянного тока, устанавливаемый на одном валу с ротором возбуждаемого ТГ;

высокочастотная система возбуждения, в которой используется в качестве возбудителя генератор переменного тока повышенной частоты (индукторного типа) с неуправляемым диодным выпрямителем;

бесщеточная система возбуждения с обратимым генератором переменного тока и вращающимся неуправляемым (диодным) или управляемым (тиристорным) преобразователем;

тиристорная система независимого возбуждения (СТН) с возбудителем в виде вспомогательного синхронного генератора промышленной частоты и тиристорного преобразователя.

К системам самовозбуждения относятся тиристорные системы самовозбуждения (СТС), в которых применяют трансформаторы и управляемые тиристорные преобразователи [10].

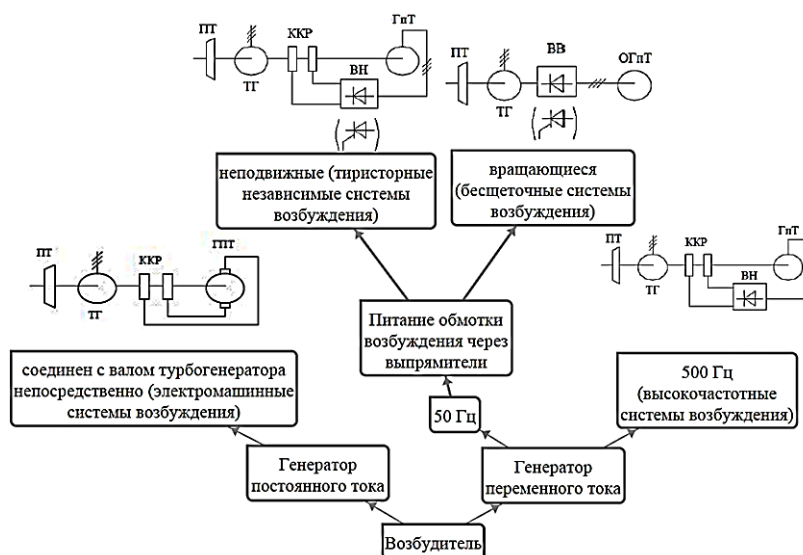


Рис. 1 Классификация систем независимого возбуждения (по возбудителю) [9]:

ПТ – приводная турбина; ТГ – турбогенератор; ККР – контактные кольца ротора; ГПТ – генератор постоянного тока; ГПТ – генератор переменного тока; ОГПТ – обратимый генератор переменного тока, ВН – выпрямитель неподвижный; ВВ – выпрямитель вращающийся)

Отечественные турбогенераторы изготавливаются в настоящее время на следующих заводах [11]:

- ПАО НПО «ЭЛСИБ» г. Новосибирск [7];

СЕКЦИЯ 12. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Харьковский завод «Электротяжмаш» [3];
- Лысьвенский турбогенераторный завод, г. Лысьва [4];
- Сибирский завод тяжелого машиностроения «Сибэлектротяжмаш», г. Новосибирск [8];
- ОАО «Электросила», г. Санкт-Петербург [6];
- ОАО «Новая Сила», г. Санкт-Петербург [5].

В таблице 1 скомпонованы типы систем возбуждения турбогенераторов по заводам-изготовителям на основании каталогов электротехнической промышленности [11].

Требования к системам возбуждения [1]:

- быстродействие (номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения при внезапном коротком замыкании в сети должна быть не менее 2 отн. ед/с);
- кратность форсировки (по напряжению и по току не менее 2);
- перегрузочная способность (длительность форсировки при двукратном номинальном токе: 50 с – для ТГ с косвенной системой охлаждения, 20 с – для ТГ с непосредственным охлаждением, 15 с – для ТГ мощностью 800 и 1000 МВт, 10 с – для ТГ мощностью 1200 МВт);
- надежность.

Таблица 1

Типы систем возбуждения турбогенераторов по заводам-изготовителям

Тип турбогенератора	Завод-изготовитель	Система возбуждения	Ограничение по мощности
ТВФ	ПАО НПО «ЭЛСИБ»; Харьковский завод «Электротяжмаш»; Лысьвенский турбогенераторный завод; Сибирский завод тяжелого машиностроения «Сибэлектротяжмаш»; ОАО «Электросила»	СТС	63-110 МВт
ТВВ	Харьковский завод «Электротяжмаш»; Лысьвенский турбогенераторный завод; Сибирский завод тяжелого машиностроения «Сибэлектротяжмаш»; ОАО «Электросила»	СТС или СТН	160-800 МВт
	ОАО «Электросила»	Бесщеточная	1000-1200 МВт
ТГВ	Харьковский завод «Электротяжмаш»;	СТС или СТН или бесщеточная	220-500 МВт
Т	ПАО НПО «ЭЛСИБ»;	СТС или бесщеточная	6-25 МВт
ТЗВ	ОАО «Электросила»	СТС	220 МВт
	ОАО «Новая Сила»	СТС	63-400 МВт
		СТН	540-1500 МВт
ТВМ	ПАО НПО «ЭЛСИБ»;	СТС	110-500 МВт
ТВН	ПАО НПО «ЭЛСИБ»;	СТС	320 МВт

По таблице 1 видно, что наиболее распространенной является тиристорная система возбуждения. Также можно сделать вывод, что статическая тиристорная система применяется для турбогенераторов любых мощностей (таблица 2) типа ТВМ, ТВН, ТЗВ, ТГВ, ТВФ, Т; бесщеточная система возбуждения – для типов Т, ТГВ; статическая тиристорная система независимого возбуждения – для типа ТГВ.

Литература

1. ГОСТ 21558-2000. Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия.
2. Коротков В.Ф., Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах [Электронный ресурс: учеб. – Электрон. дан. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2013. – 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72193>.
3. Официальный сайт завода «Электротяжмаш» [Электронный ресурс] – Харьков, 2015. – Режим доступа: <http://spetm.com.ua/>
4. Официальный сайт Лысьвенского турбогенераторного завода [Электронный ресурс] – Лысьва, 2016. – Режим доступа: <http://privod-lysva.ru/>
5. Официальный сайт ОАО «Новая сила» [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург, 2017. – Режим доступа: <http://lez.ru/http://lez.ru/>
6. Официальный сайт ПАО «Силовые машины» [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург, 2017. – Режим доступа: <http://www.power-m.ru/>
7. Официальный сайт ПАО НПО «ЭЛСИБ» [Электронный ресурс] – Новосибирск, 2016. – Режим доступа: <http://elsib.ru/ru/>

8. Официальный сайт Сибирского завода тяжелого машиностроения «Сибэлектротяжмаш» [Электронный ресурс] – Новосибирск, 2016. – Режим доступа: <http://elsib.ru/ru/>
9. Режимы электрооборудования электрических станций: учебное пособие / В. И. Ветров, Л. Б. Быкова, В. И. Ключенович. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 243 с.
10. Старшинов В. А. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие по курсу "Электроэнергетика и электротехника" / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина; ред. В. А. Старшинов. – М.: Изд-во МЭИ, 2015.
11. Указатель "Каталоги и справочники по электротехнике" 01.01.2010 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНИЦИИРОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ГЕЛЕОБРАЗНОГО ТОПЛИВА ГОРЯЧЕЙ ЧАСТИЦЕЙ

А.Г. Нигай

Научный руководитель – доцент, Д.О. Глушков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

В последние годы на развитие ракетнокосмической отрасли влияют перспективы освоения космоса. Одним из таких направлений является разработка новых видов топлив, например гелеобразных, и способов инициирования их горения, в частности кондуктивный подвод энергии частицами малого размера нагретыми до высоких температур.

Изучение закономерностей зажигания и горения гелеобразного топлива [1] играет важную роль для реализации перспективных программ по освоению дальнего космоса. Такое топливо по сравнению с твердыми конденсированными веществами имеет более высокие энергетические характеристики, в частности удельный импульс 300–350 секунд тяги при усилии в 1 кг на 1 кг горючего. Вследствие высокой реакционной способности горючего компонента и окислителя, входящих в состав топлива, предъявляются повышенные требования к условиям его хранения, в частности, близкой к криогенным значениям температуры окружающей среды. Одним из этапов программы освоения дальнего космоса является вывод на околоземную орбиту и формирование группировки аппаратов с баками гелеобразного топлива. Температура среды на околоземной орбите составляет около 100 К. В таких условиях отсутствует необходимость в создании специальных условий для хранения гелеобразного топлива, связанных с энергозатратами на поддержание температурного режима, которые в атмосфере Земли являются существенными.

Целью данной работы является исследование условий и характеристик зажигания типичного гелеобразного топлива при локальном нагреве источником ограниченного теплосодержания.

Экспериментальные исследования выполнены в рамках методики [2–3]. В каждом эксперименте керамическая трубка муфельной печи (рис. 1) прогревалась до заданной температуры. Ее контроль осуществлялся интегрированной в печь платина-платинородиевой термопарой.

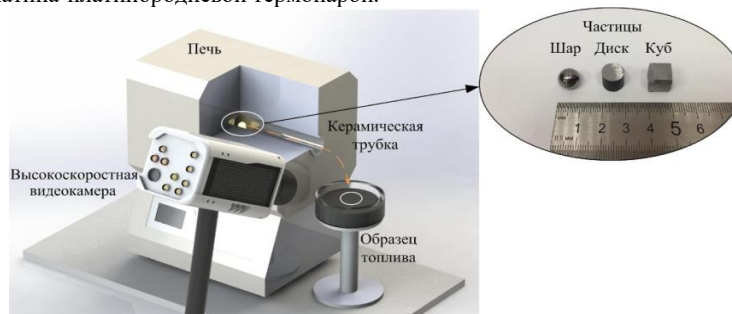


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

После стабилизации температуры в печи металлическая частица помещалась в центр керамической трубки (рис. 1). Контроль температуры частицы осуществлялся хромель-алюмелевой термопарой. После равномерного прогрева металлической частицы она сбрасывалась с высоты не более 50 мм на образец топлива. Диаметр его поверхности составлял около 25 мм, толщина слоя топлива – около 10 мм. Процессы, протекающие в течение индукционного периода, регистрировались высокоскоростной видеокамерой Phantom V411.

В качестве источников зажигания использовались стальные частицы: шар диаметром $d_p=10$ мм. Начальная температура частиц T_p составляла около 1300 К. В качестве модельного гелеобразного топлива использовалась тяжелая нефть Герасимовского месторождения Томской области. При температуре менее 300 К нефть находится в гелеобразном состоянии, при температуре более 300 К – в жидком.

Основная характеристика исследуемого процесса – время задержки зажигания t_d определялось по результатам анализа видеозаписей. Значение этого параметра соответствовало промежутку времени от установления контакта локального источника нагрева с поверхностью топлива до момента появления пламени в окрестности металлической частицы. Для оценки случайных погрешностей результатов измерений t_d эксперименты повторялись не менее 5 раз при идентичных условиях.

Выполненные экспериментальные исследования позволили установить закономерности и характеристики исследуемого процесса. В начальный момент времени горячая металлическая частица (температура более 1000 К)